

Rancang Bangun Sistem *Monitoring* Konsumsi Energi Listrik Tiga Fasa Berbasis *Web*

Teguh Anggit Loufansa¹⁾

Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Pelita Harapan
anggitloufansa@gmail.com

Henri P. Uranus²⁾

Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Pelita Harapan
henri.uranus@uph.edu

ABSTRAK

Energi listrik penting di era modern baik untuk kebutuhan di rumah, pendidikan, maupun operasional perusahaan. PLN menyediakan listrik dengan biaya berdasarkan konsumsi energi ($\text{daya} \times \text{durasi}$). Namun, seringkali di perusahaan tidak tersedia sistem yang dapat menyajikan data atau informasi konsumsi energi Listrik, padahal itu sangat berguna untuk upaya efisiensi produksi. Oleh karena itu, diciptakan sistem berbasis *web* untuk memonitor konsumsi energi listrik. Penelitian ini mengadopsi metodologi terstruktur, meliputi langkah-langkah seperti observasi lapangan, identifikasi masalah, studi literatur, pengumpulan data, perancangan, pengujian, dan pengambilan data hasil pengukuran. Semua upaya ini bertujuan untuk membangun perangkat dan aplikasi menggunakan *web* untuk memantau dan menyajikan data konsumsi energi listrik. Penelitian ini telah berhasil memantau konsumsi energi dan menyajikan data tegangan, arus, faktor daya, daya, dan energi dari tiga sensor, serta menampilkan grafik konsumsi energi yang dapat diakses oleh *user* melalui *web*. Hasilnya menunjukkan bahwa sistem ini memiliki rata-rata persentase *error* pengukuran sebesar 2,46 %, dan efektif dalam memonitor konsumsi energi pada perusahaan dan memiliki tingkat akurasi yang memadai.

Kata Kunci : *monitoring energi, aplikasi web, pengukuran 3 fasa, PZEM-004T*

I. PENDAHULUAN

1. Latar Belakang

Energi listrik mempunyai peran yang penting sebagai salah satu kebutuhan utama di era modern untuk di berbagai lingkungan, termasuk di rumah, tempat pendidikan, kegiatan perusahaan, dan sebagainya. Di Indonesia, PLN (Perusahaan Listrik Negara) memiliki peran utama dalam menyediakan kebutuhan listrik bagi konsumen. Setiap konsumen diwajibkan untuk membayar biaya berdasarkan jumlah energi yang digunakan yang didapat dari perhitungan daya yang digunakan dikalikan dengan durasi penggunaan, dengan satuan kilowatt jam. Penggunaan daya ini dapat terlihat melalui alat pengukur yang disebut kilowatt-hour meter (kWh meter) yang dipasang pada tempat konsumen, seperti rumah, tempat pendidikan, dan perusahaan. Dalam lingkungan perusahaan, penggunaan energi listrik yang tidak terkontrol dapat mempengaruhi biaya operasional yang tinggi. Oleh karena itu, penggunaan energi listrik yang efisien dan efektif sangatlah penting. Namun dalam lingkungan perusahaan seringkali terdapat kendala yaitu belum adanya sistem yang dapat digunakan untuk mengetahui dan mencatat konsumsi energi listrik dari suatu mesin yang digunakan pada waktu tertentu. Hal ini menyebabkan tidak tersedianya data atau informasi konsumsi energi listrik yang berpotensi mengakibatkan perusahaan sulit untuk mengoptimalkan penggunaan energi listrik dan mengambil tindakan yang tepat untuk mengurangi biaya operasional. Selain itu, masalah lain yang dihadapi oleh perusahaan adalah kesulitan dalam menampilkan data *productivity* dengan akurat. Data *productivity* yang tidak akurat dapat menyebabkan perusahaan kesulitan dalam mengevaluasi kinerja mesin dan mengambil keputusan yang tepat untuk meningkatkan efisiensi produksi. Selain itu, perusahaan juga mengalami kesulitan dalam menyusun penjadwalan tindakan preventif *maintenance*. Penjadwalan preventif *maintenance* yang tepat dapat membantu mengurangi biaya operasional dan memperpanjang umur mesin. Namun, penjadwalan yang tidak tepat dapat menyebabkan perusahaan mengalami *downtime* produksi yang tinggi dan biaya operasional yang meningkat.

Terdapat penelitian-penelitian sebelumnya yang pernah dilakukan yaitu tentang perancangan sistem *monitoring* konsumsi daya listrik berbasis Android dengan memanfaatkan aplikasi/*platform* Blynk untuk menghubungkan mikrokontroler dengan *server* [1]. Hal ini menjadikannya kurang efektif untuk keamanan data perusahaan dan beberapa kelemahan lain yakni tidak dapat diakses melalui komputer perusahaan akibat penerapan *firewall* yang ketat, fitur yang terbatas karena membutuhkan poin/berbayar untuk penggunaan

widget pada Blynk serta tidak dapat menampilkan data riwayat hasil pengukuran.

Penelitian lainnya tentang rancang bangun sistem *monitoring* daya listrik pada kamar kos berbasis *internet of things* (IoT) menggunakan bantuan *platform ThingSpeak* untuk mengirimkan data ke *server* [2]. Pendekatan ini dinilai tidak aman untuk data perusahaan, kelemahan lainnya yaitu memerlukan akses sinyal internet yang stabil untuk proses pengiriman data sehingga ketersediaan internet akan sangat mempengaruhi keberhasilan kinerja sistem.

Oleh karena itu dibuatlah sistem *monitoring* konsumsi energi listrik berbasis *web* untuk optimasi produktivitas dengan harapan dapat memantau konsumsi energi listrik suatu mesin dengan akurat, menampilkan data konsumsi energi listrik yang akurat sehingga data tersebut dapat digunakan untuk mempermudah dalam menghitung tingkat *productivity* mesin dan menentukan jadwal preventif *maintenance* yang tepat. sehingga dengan adanya alat dan aplikasi ini, perusahaan dapat meningkatkan efisiensi produksi dan mengurangi biaya operasional.

2. Tujuan

Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk membangun perangkat dan aplikasi menggunakan *web* untuk memantau dan menyajikan data konsumsi energi listrik yang dapat digunakan untuk mempermudah dalam menghitung tingkat *productivity* mesin. *Server web* yang digunakan adalah *server* lokal, sehingga sistem dapat bekerja tanpa koneksi internet.

II. METODE PENELITIAN

2.1 Alur Kerja

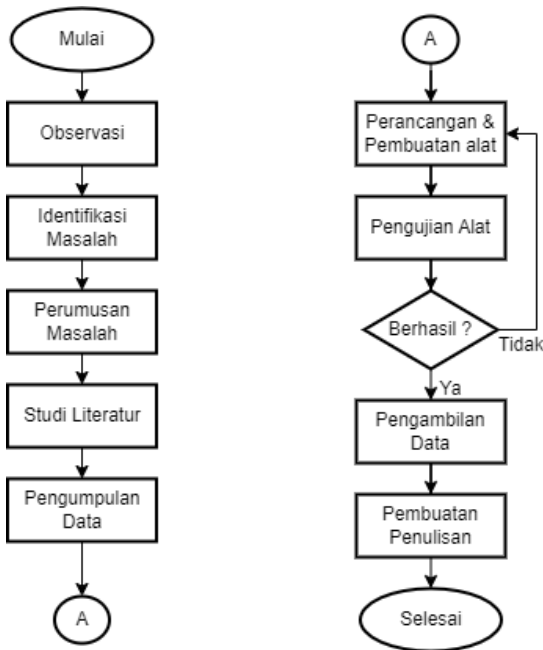
Penelitian ini menggunakan metode penelitian yang menekankan pada langkah – langkah dengan urutan yang terorganisir dan sistematis yang terdiri dari beberapa tahapan yang ditunjukkan pada diagram alur pada Gambar 1.

2.2 Analisis Data

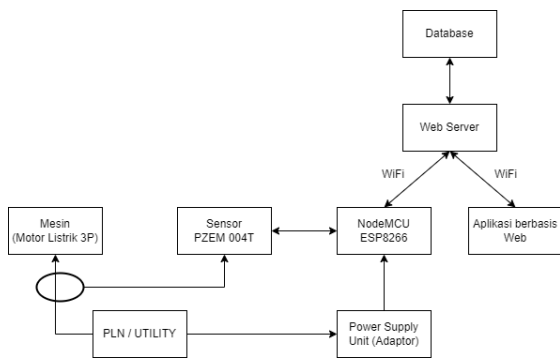
Dalam tahap ini dilakukan analisis dari hasil pengumpulan data yang telah dilakukan terkait dengan fitur yang dibutuhkan, spesifikasi mesin yang menjadi obyek penelitian, spesifikasi komponen yang dibutuhkan dalam membuat sistem. Hal ini dibutuhkan agar memudahkan dalam membangun sistem yang sesuai kebutuhan. Untuk mendapatkan data-data tersebut dilakukan dengan melakukan observasi lapangan dan studi literatur.

2.3 Perancangan *Hardware*

Berdasarkan hasil analisis data tersebut kemudian dilakukan perancangan dan pembuatan *hardware*. Berikut adalah perancangan *hardware* yang diperlihatkan pada Gambar 2.



Gambar 32 Diagram Alur Penelitian



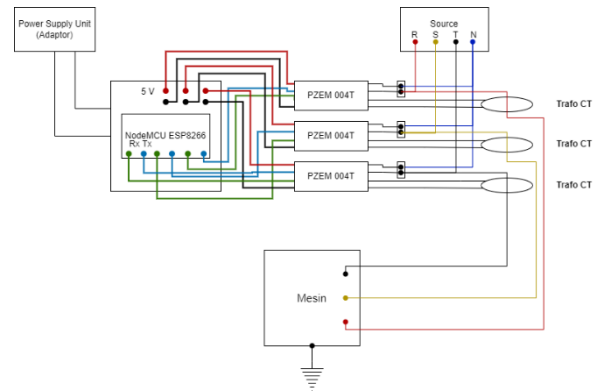
Gambar 33 Diagram Blok Sistem

Rancangan alur kerja sistem digambarkan pada diagram blok pada Gambar 2 yang menunjukkan besaran listrik pada mesin diukur menggunakan sensor PZEM 004T lalu hasil pengukuran tersebut diolah menggunakan ESP8266 sebagai mikrokontroler untuk ditransmisikan dan disimpan ke *database* melalui *web server* lokal/*localhost* yang terkoneksi jaringan *WiFi* yang sama antara *hardware* berupa ESP8266 dengan *software* aplikasi *web* pada *device* yang digunakan, data yang tersimpan pada *database* dapat ditampilkan sesuai keperluan *user* untuk melakukan *monitoring*, yang dapat mengaksesnya melalui *interface* yang telah didesain melalui aplikasi berbasis *web*. Selain itu *user* juga dapat melakukan kontrol yaitu melakukan *reset* pembacaan energi sensor melalui *interface* tersebut.

2.4 Wiring Diagram

Gambar 3 menunjukkan *wiring* diagram sistem *monitoring* konsumsi energi listrik. NodeMCU ESP8266 sebagai mikrokontroler dipasang di atas *base board* untuk memudahkan akses ke semua *port*, kemudian masing-masing *port* Rx dan Tx dihubungkan ke masing-masing sensor PZEM 004T termasuk trafo

CT yang berfungsi untuk membaca besaran listrik pada masing-masing fasa yaitu fasa R, fasa S, dan fasa T yang digunakan oleh mesin, untuk tegangan kerja sensor menggunakan tegangan sebesar 5 VDC yang telah disediakan pada *base board*.



Gambar 34 Wiring Diagram Pengukuran

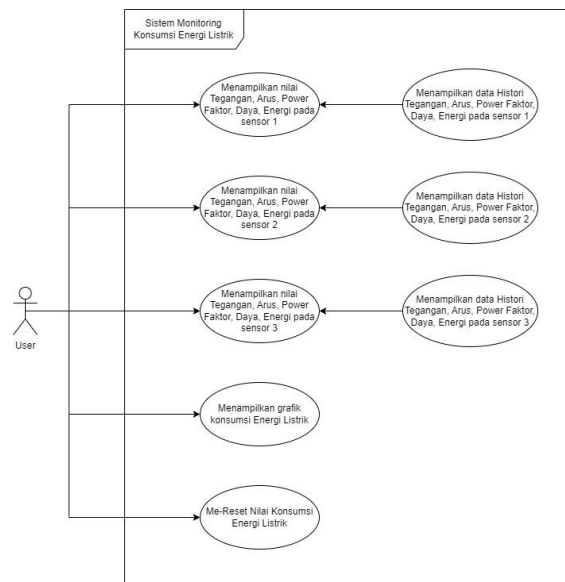
2.5 Perancangan Software

Berdasarkan hasil analisis data tersebut kemudian dilakukan perancangan dan pembuatan *software*. Berikut adalah perancangan *software* dengan pemodelan dan perancangan tabel *database*.

2.6 Unified Modeling Language

Perancangan *software* dilakukan dengan memodelkan menggunakan *Unified Modeling Language* (UML). Berikut ini UML Diagram yang digunakan

1. Use case Diagram



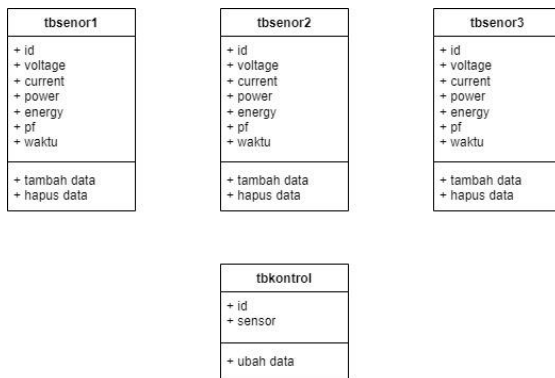
Gambar 35 Use case Diagram Sistem Monitoring

Gambar 4 merupakan *use case* diagram *user* yang dapat mengakses tampilan yang berisi nilai

tegangan, arus, faktor daya, daya, dan energi dari sensor 1, sensor 2, dan sensor 3. Dan tampilan tersebut juga menyajikan grafik konsumsi energi listrik, *user* juga memiliki hak akses untuk melakukan *reset* pada sensor agar nilai konsumsi energi listrik kembali dari 0 Wh. Selain itu juga terdapat submenu untuk menampilkan data *log* riwayat pengukuran nilai tegangan, arus, faktor daya, daya, dan energi dari sensor 1, sensor 2, dan sensor 3 yang disimpan pada *database*.

2. Class Diagram

Class diagram memberikan gambaran tabel pada *database* yang akan digunakan dalam sistem.



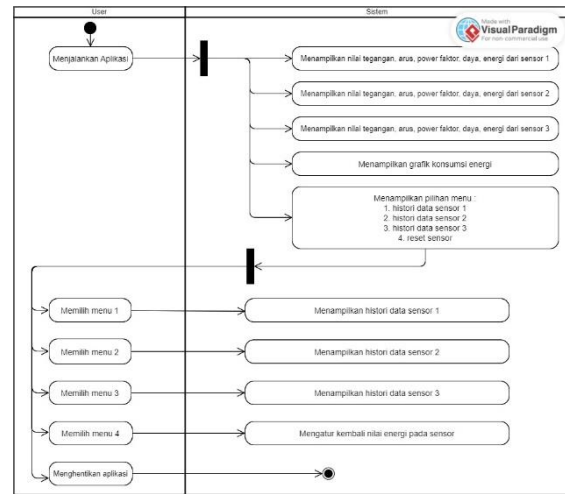
Gambar 36 Class Diagram Sistem Monitoring

Gambar 5 merupakan *class* diagram yang menunjukkan empat buah tabel yang akan digunakan dalam sistem yaitu tabel *tbsensor1*, tabel *tbsensor2*, tabel *tbsensor3* yang difungsikan untuk menyimpan nilai-nilai besaran listrik yang dikirimkan dari hasil pembacaan masing-masing sensor, dan *tbkontrol* yang berfungsi menyimpan nilai yang diinput oleh *user* untuk memberikan instruksi melakukan *reset* pada sensor.

3. Activity Diagram

Activity diagram ini memberikan gambaran aktivitas *user* pada fitur yang dibuat pada sistem.

Gambar 6 merupakan *Activity* diagram dari *user* yang dimulai dengan menjalankan aplikasi kemudian sistem akan menampilkan halaman *dashboard* yang berisi informasi mengenai nilai tegangan, arus, faktor daya, daya, dan energi dari sensor 1, sensor 2, dan sensor 3, grafik konsumsi energi listrik dan juga beberapa pilihan menu, kemudian ketika *user* memilih menu tertentu, maka sistem akan menampilkan halaman sesuai dengan pilihan



Gambar 37 Activity Diagram Sistem Monitoring

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Tampilan Alat

Penelitian ini menghasilkan alat *monitoring* konsumsi energi listrik berbasis *web* yang ditunjukkan pada Gambar 7.



Gambar 38 Alat Monitoring

3.2 Tampilan Interface

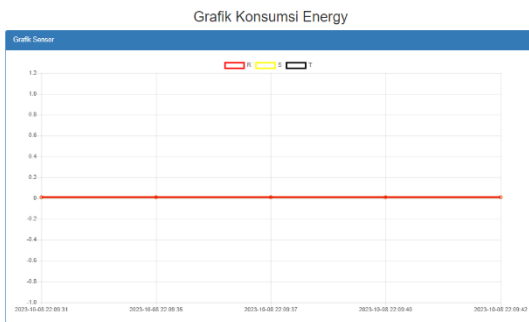
1. Dashboard

Sistem Monitoring Energy						
Sensor	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)	Energi (kWh)	Power Faktor	Action
1	231.00	0.99	12.18	0.01	0.61	History
2	230.00	0.99	11.93	0.01	0.60	History
3	231.10	0.99	11.90	0.01	0.60	History

Reset Energy
 OFF

Gambar 39 Halaman Dashboard Web Sistem Monitoring

Gambar 8 menunjukkan tampilan *web* dari sistem *monitoring* konsumsi energi listrik pada saat melakukan pengukuran beban listrik berupa lampu LED 12 Watt. Tampilan tersebut adalah halaman *dashboard* yang dapat diakses oleh *user*. Pada halaman *dashboard* ini menampilkan beberapa informasi yang dibutuhkan oleh *user* yaitu menampilkan nilai tegangan, arus, faktor daya, daya, dan energi pada sensor 1, sensor 2, dan sensor 3, secara *realtime* dan terdapat sebuah input berupa *toggle switch* yang berfungsi untuk melakukan *reset* dan tiga buah *button* yang berfungsi untuk pindah ke halaman riwayat. Selain itu halaman *dashboard* juga menampilkan grafik konsumsi energi listrik yang ditunjukkan pada Gambar 9.



Gambar 40 Grafik Web Sistem Monitoring

Gambar 9 menampilkan grafik konsumsi energi listrik dari sensor 1, sensor 2, dan sensor 3 secara *realtime*.

2. Riwayat

History Sensor 1

No.	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)	Energi (kWh)	Power Faktor	Waktu	Reset
1	231.00	0.09	12.30	0.00	0.61	2023-10-08 21:15:29	<input type="checkbox"/>
2	230.00	0.09	12.30	0.00	0.61	2023-10-08 21:15:31	<input type="checkbox"/>
3	230.00	0.09	12.30	0.00	0.61	2023-10-08 21:15:33	<input type="checkbox"/>
4	230.00	0.09	12.30	0.00	0.61	2023-10-08 21:15:35	<input type="checkbox"/>
5	230.00	0.09	12.30	0.00	0.61	2023-10-08 21:15:37	<input type="checkbox"/>
6	230.00	0.09	12.30	0.00	0.61	2023-10-08 21:15:39	<input type="checkbox"/>
7	230.00	0.09	12.30	0.00	0.61	2023-10-08 21:15:41	<input type="checkbox"/>
8	230.00	0.09	12.30	0.00	0.61	2023-10-08 21:15:43	<input type="checkbox"/>
9	230.00	0.09	12.30	0.00	0.61	2023-10-08 21:15:44	<input type="checkbox"/>
10	230.00	0.09	12.30	0.00	0.61	2023-10-08 21:15:46	<input type="checkbox"/>

Gambar 41 Halaman Riwayat 1

History Sensor 2

No.	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)	Energi (kWh)	Power Faktor	Waktu	Reset
1	230.00	0.09	12.40	0.00	0.61	2023-10-08 21:15:29	<input type="checkbox"/>
2	230.70	0.09	12.30	0.00	0.61	2023-10-08 21:15:31	<input type="checkbox"/>
3	230.70	0.09	12.30	0.00	0.61	2023-10-08 21:15:33	<input type="checkbox"/>
4	230.70	0.09	12.30	0.00	0.61	2023-10-08 21:15:35	<input type="checkbox"/>
5	230.00	0.09	12.40	0.00	0.61	2023-10-08 21:15:37	<input type="checkbox"/>
6	230.70	0.09	12.30	0.00	0.61	2023-10-08 21:15:39	<input type="checkbox"/>
7	230.70	0.09	12.30	0.00	0.61	2023-10-08 21:15:41	<input type="checkbox"/>
8	230.50	0.09	12.30	0.00	0.61	2023-10-08 21:15:43	<input type="checkbox"/>
9	230.40	0.09	12.30	0.00	0.61	2023-10-08 21:15:45	<input type="checkbox"/>
10	230.40	0.09	12.30	0.00	0.61	2023-10-08 21:15:46	<input type="checkbox"/>

Gambar 42 Halaman Riwayat 2

History Sensor 3

No.	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)	Energi (kWh)	Power Faktor	Waktu	Reset
1	231.00	0.09	12.40	0.01	0.61	2023-10-08 21:15:29	<input type="checkbox"/>
2	231.00	0.09	12.50	0.01	0.61	2023-10-08 21:15:31	<input type="checkbox"/>
3	230.00	0.09	12.50	0.01	0.62	2023-10-08 21:15:33	<input type="checkbox"/>
4	231.00	0.09	12.40	0.01	0.61	2023-10-08 21:15:35	<input type="checkbox"/>
5	231.00	0.09	12.40	0.01	0.61	2023-10-08 21:15:37	<input type="checkbox"/>
6	230.00	0.09	12.40	0.01	0.61	2023-10-08 21:15:39	<input type="checkbox"/>
7	230.00	0.09	12.40	0.01	0.61	2023-10-08 21:15:41	<input type="checkbox"/>
8	230.70	0.09	12.40	0.01	0.61	2023-10-08 21:15:43	<input type="checkbox"/>
9	230.70	0.09	12.40	0.01	0.61	2023-10-08 21:15:45	<input type="checkbox"/>
10	230.00	0.09	12.40	0.01	0.61	2023-10-08 21:15:47	<input type="checkbox"/>

Gambar 43 Halaman Riwayat 3

Gambar 10 - 12 menunjukkan tampilan *web* dari sistem *monitoring* konsumsi energi listrik. Tampilan tersebut adalah halaman riwayat yang dapat diakses oleh *user* dengan memilih menu riwayat pada halaman *dashboard*. Halaman ini berguna untuk menyediakan data *log* hasil pengukuran yang dibutuhkan oleh *user* selama beberapa periode yang ditentukan. Pada halaman riwayat ini menampilkan informasi berupa data nilai tegangan, arus, faktor daya, daya, dan energi pengukuran sensor yang dicatat ke *database*, dan juga terdapat dua buah input berupa *button* yang berfungsi untuk kembali ke halaman *dashboard* dan untuk menghapus data yang telah tercatat.

3. Pengujian

Pengujian sistem *monitoring* konsumsi energi listrik berbasis *web* ini dilakukan dengan cara melakukan pengukuran pada peralatan listrik yang bekerja pada tegangan listrik 1 fasa dan juga 3 fasa. Hal ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui tingkat akurasi dari hasil pengukuran modul, mengetahui keberhasilan dalam pengiriman dan penyimpanan data ke *database* serta kesesuaian fungsi sistem.

a. Pengujian Modul PZEM 004T

Dalam tahap pengujian alat ini dilakukan dengan mengukur besaran listrik menggunakan beban listrik 1 fasa berupa lampu LED 12 Watt dan menggunakan beban listrik 3 fasa berupa motor dengan spesifikasi 0,3 kW. Hasilnya ditampilkan pada serial *monitor* sebelum dikirimkan ke *database* yang bertujuan untuk mengetahui hasil pengukuran dari modul dan persentase *error* pengukuran. Berikut pengukuran besaran listrik yang dilakukan :

b. Pengujian pengukuran tegangan

Pengujian tegangan dilakukan dengan melakukan pengukuran menggunakan beban lampu LED pada masing-masing modul dan membandingkan nilai tegangan hasil pengukuran dari modul dengan nilai tegangan hasil pengukuran dari AVO meter Fluke 87 V. Pengukuran tegangan dapat dilihat pada Gambar 13.



Gambar 44 Pengujian Pengukuran Tegangan

Dari pengukuran tersebut yang dilakukan sebanyak sepuluh kali didapatkan hasil pengukuran tegangan ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 20 Hasil Pengukuran Tegangan

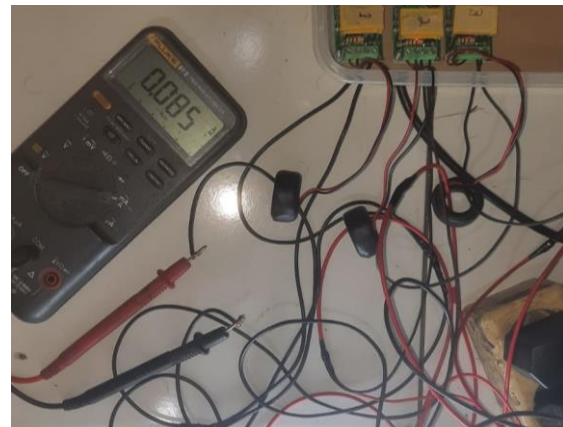
Pengujian ke		Hasil Pengukuran (V)		Error %	Rata - rata Error %
		PZEM 004T	AVO meter		
1	sensor 1	231	231,3	0,13%	0,14%
	sensor 2	230,9	231,1	0,09%	
	sensor 3	230,6	231,1	0,22%	
2	sensor 1	230,9	231	0,04%	0,13%
	sensor 2	230,7	231,1	0,17%	
	sensor 3	230,6	231	0,17%	
3	sensor 1	230,8	231	0,09%	0,16%
	sensor 2	230,7	231,2	0,22%	
	sensor 3	230,6	231	0,17%	
4	sensor 1	230,9	231	0,04%	0,24%
	sensor 2	230,7	231,5	0,35%	
	sensor 3	230,8	231,6	0,35%	
5	sensor 1	230,9	231	0,04%	0,23%
	sensor 2	230,8	231,4	0,26%	
	sensor 3	230,7	231,6	0,39%	
6	sensor 1	230,8	231	0,09%	0,33%
	sensor 2	230,7	231,7	0,43%	
	sensor 3	230,7	231,8	0,47%	
7	sensor 1	230,8	231	0,09%	0,13%
	sensor 2	230,7	231,1	0,17%	
	sensor 3	230,7	231	0,13%	
8	sensor 1	230,8	231	0,09%	0,13%
	sensor 2	230,5	230,8	0,13%	
	sensor 3	230,5	230,9	0,17%	

Pengujian ke		Hasil Pengukuran (V)		Error %	Rata - rata Error %
		PZEM 004T	AVO meter		
9	sensor 1	230,6	231	0,17%	0,17%
	sensor 2	230,4	231	0,26%	
	sensor 3	230,6	230,8	0,09%	
10	sensor 1	230,6	231	0,17%	0,29%
	sensor 2	230,4	231	0,26%	
	sensor 3	230,7	231,7	0,43%	
Rata-rata % error keseluruhan					0,20%

Dari data hasil pengukuran tegangan pada tabel tersebut didapatkan nilai persentase *error* pengukuran tegangan pada modul yaitu rata – rata sebesar 0,20%.

c. Pengujian pengukuran arus

Pengukuran arus dilakukan dengan menggunakan beban lampu LED pada masing-masing fasa dan membandingkan nilai arus hasil pengukuran dari modul dengan nilai arus hasil pengukuran dari AVO meter Fluke 87 V. Pengukuran arus dapat dilihat pada Gambar 14.



Gambar 45 Pengujian Pengukuran Arus

Dari pengukuran tersebut yang dilakukan sebanyak sepuluh kali didapatkan hasil pengukuran arus yang ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 21 Hasil Pengukuran Arus

Pengujian ke		Hasil Pengukuran (A)		Error %	Rata - rata Error %
		PZEM 004T	AVO meter		
1	sensor 1	0,09	0,085	5,88%	5,88%
	sensor 2	0,09	0,085	5,88%	
	sensor 3	0,09	0,085	5,88%	
2	sensor 1	0,09	0,085	5,88%	5,88%
	sensor 2	0,09	0,085	5,88%	

Pengujian ke	Hasil			Rata - rata <i>Error</i> %
	Pengukuran (A)		<i>Error</i> %	
	PZEM 004T	AVO meter		
3	sensor 3	0,09	0,085	5,88%
	sensor 1	0,09	0,085	5,88%
	sensor 2	0,09	0,085	5,88%
4	sensor 3	0,09	0,085	5,88%
	sensor 1	0,09	0,085	5,88%
	sensor 2	0,09	0,085	5,88%
5	sensor 3	0,09	0,085	5,88%
	sensor 1	0,09	0,085	5,88%
	sensor 2	0,09	0,085	5,88%
6	sensor 3	0,09	0,085	5,88%
	sensor 1	0,09	0,085	5,88%
	sensor 2	0,09	0,085	5,88%
7	sensor 3	0,09	0,085	5,88%
	sensor 1	0,09	0,085	5,88%
	sensor 2	0,09	0,085	5,88%
8	sensor 3	0,09	0,085	5,88%
	sensor 1	0,09	0,085	5,88%
	sensor 2	0,09	0,085	5,88%
9	sensor 3	0,09	0,085	5,88%
	sensor 1	0,09	0,085	5,88%
	sensor 2	0,09	0,085	5,88%
10	sensor 3	0,09	0,085	5,88%
	sensor 1	0,09	0,085	5,88%
	sensor 2	0,09	0,085	5,88%
Rata-rata % <i>error</i> keseluruhan				5,88%

Dari data hasil pengukuran arus pada tabel tersebut didapatkan nilai persentase *error* pengukuran arus pada modul yaitu rata – rata sebesar 5,88%

d. Pengujian pengukuran faktor daya

Pengukuran faktor daya dilakukan dengan menggunakan beban motor listrik 3 fasa dan membandingkan nilai faktor daya hasil pengukuran dari salah satu modul dengan nilai faktor daya hasil pengukuran dari *phase angle* meter LM1020. Pengukuran faktor daya dapat dilihat pada Gambar 15.



Gambar 46 Pengujian Pengukuran Faktor Daya

Dari pengukuran tersebut yang dilakukan sebanyak sepuluh kali didapatkan hasil pengukuran faktor daya ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 22 Hasil Pengukuran Faktor Daya

Pengujian ke	Hasil		
	Pengukuran (derajat)		<i>Error</i> %
	PZEM 004T	<i>Phase angle</i> meter	
1	0,3	0,3	0,00%
2	0,31	0,3	3,33%
3	0,3	0,3	0,00%
4	0,3	0,3	0,00%
5	0,31	0,3	3,33%
6	0,3	0,3	0,00%
7	0,31	0,3	3,33%
8	0,31	0,3	3,33%
9	0,3	0,3	0,00%
10	0,31	0,3	3,33%
Rata - rata <i>error</i> %			1,67%

Dari data hasil pengukuran faktor daya pada tabel tersebut didapatkan nilai persentase *error* pengukuran faktor daya pada modul yaitu rata – rata sebesar 1,67%

e. Pengujian pengukuran daya

Pengukuran daya dilakukan dengan menggunakan beban motor listrik 3 fasa dan membandingkan nilai faktor daya hasil pengukuran dari salah satu modul dengan nilai faktor daya hasil

pengukuran dari Watt meter LM1010. Pengukuran daya dapat dilihat pada Gambar 16.



Gambar 47 Pengujian Pengukuran Daya

Dari pengukuran tersebut yang dilakukan sebanyak sepuluh kali didapatkan hasil pengukuran daya ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 23 Hasil Pengukuran Daya

Pengujian ke	Hasil Pengukuran (W)		Error %
	PZEM 004T	Watt meter	
1	10,8	11	1,82%
2	10,8	11	1,82%
3	10,8	11	1,82%
4	10,7	11	2,73%
5	10,7	11	2,73%
6	10,7	11	2,73%
7	10,8	11	1,82%
8	10,8	11	1,82%
9	10,8	11	1,82%
10	10,8	11	1,82%
Rata - rata error %			2,09%

Dari data hasil pengukuran daya pada tabel di atas didapatkan nilai persentase *error* pengukuran daya pada modul yaitu rata – rata sebesar 2,09 %.

Dari hasil pengujian modul PZEM 004T yang dibandingkan dengan alat ukur, secara keseluruhan didapatkan nilai peresentase *error* yang ditunjukkan pada Tabel 5.

Tabel 24 Persentase Error Pengukuran

Pengukuran	Error
Tegangan	0,20%
Arus	5,88%
Faktor Daya	1,67%
Daya	2,09%
Rata-rata	2,46%

Hasil perhitungan tersebut menunjukkan nilai rata-rata persentase *error* pengukuran sebesar 2,46 % yang menurut Standar IEC no. 13B-23 dapat digunakan untuk *memonitoring* besaran listrik pada panel-panel.

f. Pengujian Transmisi Data

Pengujian alat ini dilakukan dengan mengirimkan data nilai pengukuran tegangan, arus, daya, faktor daya, dan energi dari setiap modul ke *database* melalui Node MCU ESP 8266 yang terkoneksi dengan jaringan *WiFi* dan menampilkan hasil pengiriman pada serial *monitor* dengan tujuan untuk mengetahui keberhasilan dalam pengiriman data ke *database*. Hasil pengujian transmisi data dapat dilihat pada Gambar 17.

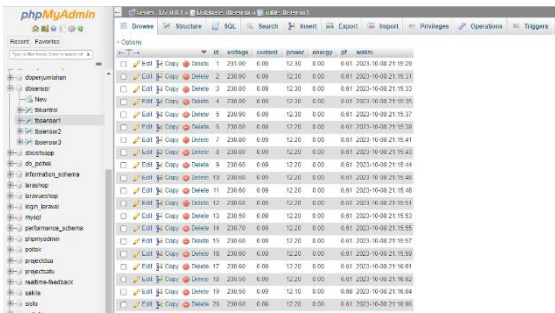
```
21:50:40.997 -> tidak reset Voltase : 231.20V
21:50:42.028 -> Voltase2 : 231.10V
21:50:42.130 -> Voltase3 : 231.30V
21:50:42.130 -> Current : 0.09A
21:50:42.130 -> Current2 : 0.09A
21:50:42.130 -> Current3 : 0.09A
21:50:42.220 -> Power : 11.70W
21:50:42.220 -> Power2 : 11.80W
21:50:42.220 -> Power3 : 11.90W
21:50:42.220 -> Energy : 0.016Wh
21:50:42.272 -> Energy2 : 0.016Wh
21:50:42.272 -> Energy3 : 0.016Wh
21:50:42.272 -> Pf : 0.60PF2 : 0.60PF3 : 0.60
21:50:42.665 -> berhasil dikirimberhasil dikirimberhasil dikirim
```

Gambar 48 Pengujian Transmisi Data

Dari hasil tersebut dapat dilihat bahwa pengiriman data berupa nilai tegangan, arus, daya, faktor daya, dan energi dari setiap modul telah berhasil dikirimkan ke *database*, yang ditunjukkan pada message yang ditampilkan di serial *monitor*.

g. Pengujian Penyimpanan Data

Tahap pengujian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui keberhasilan menyimpan data yang telah berhasil dikirim ke *database*. Data yang telah dikirimkan oleh Node MCU ESP 8266 melalui jaringan *WiFi* diterima oleh *web* yang telah dibuat untuk disimpan ke *database*. Dari pengujian ini dapat dilihat bahwa data yang telah berhasil dikirimkan oleh modul berhasil disimpan di *database* dan ke masing-masing tabel yang telah dibuat yang dapat dilihat pada Gambar 18.



Gambar 49 Pengujian Penyimpanan Data

Hasil tersebut menunjukkan bahwa data yang dikirimkan telah berhasil disimpan ke *database* yang telah dibuat yaitu *dbsensor*.

h. Pengujian Fitur pada Web Interface

1. Reset Energi

Tahap pengujian ini dilakukan oleh *user* dengan menekan *toggle switch* pada halaman *dashboard* untuk melakukan *reset* sehingga hasil pembacaan energi pada modul kembali dimulai dari 0 Wh sementara nilai pembacaan energi sebelumnya masih tersimpan dalam *database*. Hasil pengujian ini dapat dilihat pada Gambar 19.

```

12:30:45.777 -> 0
12:30:45.777 -> tidak reset Voltase : 234.20V
12:30:46.947 -> Gagal membaca voltase2
12:30:47.040 -> Gagal membaca voltase2
12:30:47.086 -> Current : 0.09A
12:30:47.227 -> Gagal membaca current2
12:30:47.319 -> Gagal membaca current3
12:30:47.365 -> Power : 11.80W
12:30:47.505 -> Gagal membaca power2
12:30:47.598 -> Gagal membaca power3
12:30:47.645 -> Energy : 0.01kWh
12:30:47.786 -> Gagal membaca energy2
12:30:47.879 -> Gagal membaca energy3
12:30:47.926 -> Pf : 0.57Gagal membaca Pf2
12:30:48.160 -> Gagal membaca Pf3
12:30:48.160 ->
12:30:48.770 -> berhasil dikirimberhasil dikirim2berhasil dikirim3
12:30:48.816 -> 1
12:30:49.144 -> berhasil reset
12:30:50.180 -> Voltase : 234.30V
12:30:50.323 -> Gagal membaca voltase2
12:30:50.417 -> Gagal membaca voltase2
12:30:50.465 -> Current : 0.09A
12:30:50.606 -> Gagal membaca current2
12:30:50.700 -> Gagal membaca current3
12:30:50.748 -> Power : 11.90W
12:30:50.843 -> Gagal membaca power2
12:30:50.985 -> Gagal membaca power3
12:30:51.032 -> Energy : 0.00kWh
12:30:51.128 -> Gagal membaca energy2
12:30:51.222 -> Gagal membaca energy3
12:30:51.269 -> Pf : 0.57Gagal membaca Pf2
12:30:51.507 -> Gagal membaca Pf3
12:30:51.507 ->
12:30:52.119 -> berhasil dikirimberhasil dikirim2berhasil dikirim3
    
```

Gambar 50 Pengujian Reset Energi

Dari gambar tersebut dapat dilihat bahwa sebelum dilakukan *reset* menunjukkan hasil pengukuran energi sebesar 0,01 kWh kemudian kembali menjadi 0,00 kWh setelah berhasil *reset*.

2. Menyediakan data riwayat

Tahap pengujian ini dilakukan oleh *user* dengan menekan menu riwayat untuk mengakses data *log* pengukuran besaran listrik yang disimpan pada *database*, hasil pengujian ini dapat dilihat pada Gambar 20 – 22.

History Sensor 1

No.	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)	Energi (kWh)	Power Faktor	Waktu	☐ All
1	231.00	0.09	12.30	0.00	0.61	2023-10-08 21:15:29	☐
2	230.90	0.09	12.30	0.00	0.61	2023-10-08 21:15:31	☐
3	230.80	0.09	12.30	0.00	0.61	2023-10-08 21:15:33	☐
4	230.90	0.09	12.30	0.00	0.61	2023-10-08 21:15:35	☐
5	230.90	0.09	12.30	0.00	0.61	2023-10-08 21:15:37	☐
6	230.80	0.09	12.30	0.00	0.61	2023-10-08 21:15:39	☐
7	230.80	0.09	12.30	0.00	0.61	2023-10-08 21:15:41	☐
8	230.80	0.09	12.20	0.00	0.61	2023-10-08 21:15:43	☐
9	230.60	0.09	12.20	0.00	0.61	2023-10-08 21:15:44	☐
10	230.60	0.09	12.20	0.00	0.61	2023-10-08 21:15:46	☐

Gambar 51 Pengujian Menampilkan Riwayat 1

History Sensor 2

No.	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)	Energi (kWh)	Power Faktor	Waktu	☐ All
1	230.90	0.09	12.40	0.00	0.61	2023-10-08 21:15:29	☐
2	230.70	0.09	12.40	0.00	0.61	2023-10-08 21:15:31	☐
3	230.70	0.09	12.30	0.00	0.61	2023-10-08 21:15:33	☐
4	230.70	0.09	12.30	0.00	0.61	2023-10-08 21:15:35	☐
5	230.80	0.09	12.40	0.00	0.61	2023-10-08 21:15:37	☐
6	230.70	0.09	12.30	0.00	0.61	2023-10-08 21:15:39	☐
7	230.70	0.09	12.30	0.00	0.61	2023-10-08 21:15:41	☐
8	230.50	0.09	12.30	0.00	0.61	2023-10-08 21:15:43	☐
9	230.40	0.09	12.30	0.00	0.61	2023-10-08 21:15:45	☐
10	230.40	0.09	12.30	0.00	0.61	2023-10-08 21:15:46	☐

Gambar 52 Pengujian Menampilkan Riwayat 2

History Sensor 3

No.	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)	Energi (kWh)	Power Faktor	Waktu	☐ All
1	231.10	0.09	12.40	0.01	0.61	2023-10-08 21:15:29	☐
2	231.00	0.09	12.50	0.01	0.61	2023-10-08 21:15:31	☐
3	230.90	0.09	12.50	0.01	0.62	2023-10-08 21:15:33	☐
4	231.00	0.09	12.40	0.01	0.61	2023-10-08 21:15:35	☐
5	231.00	0.09	12.40	0.01	0.61	2023-10-08 21:15:37	☐
6	230.90	0.09	12.40	0.01	0.61	2023-10-08 21:15:39	☐
7	230.90	0.09	12.40	0.01	0.61	2023-10-08 21:15:41	☐
8	230.70	0.09	12.40	0.01	0.61	2023-10-08 21:15:43	☐
9	230.70	0.09	12.40	0.01	0.61	2023-10-08 21:15:45	☐
10	230.60	0.09	12.40	0.01	0.61	2023-10-08 21:15:47	☐

Gambar 53 Pengujian Menampilkan Riwayat 3

Gambar – gambar tersebut menunjukkan bahwa *user* dapat mengakses informasi berupa data riwayat pengukuran tegangan, arus, daya, faktor daya, dan energi yang tersimpan pada *database*

3. Menghapus data riwayat

Tahap pengujian ini dilakukan oleh *user* untuk menghapus data riwayat pengukuran yang ditampilkan pada halaman riwayat, di mana *user* dapat menghapus sebagian atau semua data hasil pengukuran yang tersimpan, dari hasil pengujian ini *user* telah berhasil melakukan hapus sebagian maupun semua data pengukuran yang tersimpan.

IV. KESIMPULAN

Berikut adalah kesimpulan yang dapat diambil berdasarkan penelitian yang telah dilakukan :

1. Sistem *monitoring* konsumsi energi listrik berbasis *web* telah berhasil berfungsi dengan baik dalam menampilkan hasil pengukuran dengan *realtime*.
2. Sistem *monitoring* konsumsi energi listrik berbasis *web* dapat menyajikan data-data riwayat konsumsi listrik dari suatu mesin yang digunakan pada waktu tertentu.
3. Sistem *monitoring* konsumsi energi listrik berbasis *web* ini memiliki rata-rata persentase *error* pengukuran sebesar 2,46 %.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] E. Kurniawan, D. S. Pangaudi, and E. N. Widjatmoko, "Perancangan Sistem Monitoring Konsumsi Daya Listrik Berbasis Android," *Cyclotron*, vol. 5, no. 1, Jan. 2022, doi: 10.30651/cl.v5i1.8772.
- [2] I. S. Hudan and T. Rijianto, "Rancang Bangun Sistem Monitoring Daya Listrik Pada Kamar Kos Berbasis Internet Of Things (IoT)," *J. Tek. Elektro*, vol. 8, no. 1, 2019, doi: 10.26740/JTE.V8N1.P.
- [3] Y. Hakimah, "Analisis Kebutuhan Energi Listrik Danprediksi Penambahan Pembangkit Listrik Di Sumatera Selatan," *J. DESIMINASI Teknol.*, vol. 7, no. 2, 2019, Accessed: Dec. 12, 2023. [Online]. Available: <https://univ.tridinanti.ac.id/ejournal/index.php/teknik/article/view/502>
- [4] A. Dani and M. Hasanuddin, "Perbaikan Faktor Daya Menggunakan Kapasitor Sebagai Kompensator Daya Reaktif (Studi (Studi Kasus STT Sinar Husni)," *Semin. Nas. R.* 2018, vol. 998, no. September, pp. 673 – 678, 2018.
- [5] R.- Sx, A. Pratama, A. A. N. Amrita, and D. C. Khrisne, "Rancang Bangun Sistem Monitoring Listrik Tiga Fasa Berbasis Wireless Sensor Network Menggunakan LoRa," vol. 20, no. 2, pp. 351–360, 2021.
- [6] I. Griha Tofik Isa and G. Pri Hartawan, "Perancangan Aplikasi Koperasi Simpan Pinjam Berbasis Web (Studi Kasus Koperasi Mitra Setia)," *J. Ilm. Ilmu Ekon.*, vol. 5, pp. 139–151, 2017.
- [7] B. Raharjo, *Belajar Otodidak Mysql. Informatika*, 2015. [Online]. Available: <https://books.google.co.id/books?id=RA7Zz>

[wEACAAJ](#)

- [8] S. Anwar, T. Artono, N. Nasrul, D. Dasrul, and A. Fadli, "Pengukuran Energi Listrik Berbasis PZEM-004T," *Pros. Semin. Nas. Politek. Negeri Lhokseumawe*, vol. 3, no. 1, p. 272, 2019, Accessed: Jul. 06, 2023. [Online]. Available: <http://ejournal.pnl.ac.id/semnaspnl/article/view/1694>
- [9] "PZEM-004T V3 Module | Arduino & NodeMCU Code, Circuit, Pinout And Library." <https://innovators guru.com/pzem-004t-v3/> (accessed Aug. 13, 2023).
- [10] "Handson Technology User Guide ESP8266 NodeMCU I/O Expansion Board", Accessed: Jul. 08, 2023. [Online]. Available: www.handsontec.com [
- 11] "Handson Technology User Manual V1.3 ESP8266 NodeMCU WiFi Development Board Getting Started User Guide", Accessed: Jul. 08, 2023. [Online]. Available: www.handsontec.co